

4D-8

陰影のある画像シーケンスからの形状推定

武川直樹

NTT ヒューマンインタフェース研究所

1 まえがき

現実世界をカメラを用いて撮影した輝度画像情報は、被写体の形状情報、被写体表面の物理情報(反射率など)、光源の情報により生成される光学過程として得られる。従来のコンピュータビジョンにおいては、上記パラメタ間の相互作用を限定して3次元復元するアプローチをとっている。しかし、現実の問題を扱うには上記のパラメタ全体を統一的に記述し、光学過程の逆問題としてとらえる必要がある。報告者は、この立場から動画シーンを光学モデルとして記述することにより3次元形状を推定する問題を扱ってきた。本論文では、先に提案した手法[1]と従来手法を定量的、定性的に比較した結果について述べる。

2 従来手法におけるモデル

動き場を求めるために用いられるグラディエント法の拘束は次式で記述される。

$$I_x U + I_y V + I_t = 0. \quad (1)$$

但し、画像の x 方向の輝度勾配を I_x 、 y 方向の輝度勾配を I_y 、時間軸方向の輝度勾配を I_t 、 x 方向の動きを U 、 y 方向の動きを V とする。Horn と Schunck は、動き場の空間的な変動が小さいという拘束条件を追加することにより2次元のフローを推定した[2]。しかしながら、この手法は動きの前後で輝度の変化がないことを前提としているため、陰影のある現実の画像に対して適用できない。Cornelius と Kanade は、被写体表面が反射率一定の Lambertian 面であると仮定し、(1)式の拘束条件に動きの対応点輝度差(陰影の変化)の項 q を、

$$q + I_x U + I_y V + I_t = 0. \quad (2)$$

のように追加した。そのうえで、 q が光源の入射ベクトルと被写体の表面の法線の内積に比例することを利用し

て、 q の空間微分値が小さいという拘束条件を導入した[3]。しかしながら被写体表面を反射率一定の拡散反射面とする仮定は、反射率の変化により被写体表面に輝度勾配があることを前提とする勾配法と矛盾するため、動き場推定の誤差の原因となる。

3 陰影のある画像からの形状推定

アルゴリズムは、動き場推定と形状推定に分けられ、まず、動き場推定について述べる。光学モデルに基づき導かれる新しい拘束条件は次のように表現できる。すなわち、動きの対応点間の輝度差 q の空間微分値とオリジナル画像の輝度 I の空間微分値とはあるパラメタ c により関係づけられる。式で表現すると次のようになる。

$$q_x = c I_x. \quad (3)$$

ここでパラメタ c は、光源と形状の関数として与えられ、ある仮定のもとでは空間変動が小さいと見なせる。この拘束条件の妥当性については文献[1]を参照されたい。動き場の推定アルゴリズムは、以下の評価関数を最小にする問題に帰着される。

$$E = \sum_{i,j} (U_x^2 + U_y^2 + V_x^2 + V_y^2) + \lambda \sum_{i,j} (q + I_x U + I_y V + I_t)^2 + \mu \sum_{i,j} [(q_x - c I_x)^2 + (q_y - c I_y)^2] + \nu \sum_{i,j} (c_x^2 + c_y^2). \quad (4)$$

但し、 q の x 方向微分、 y 方向微分を q_x 、 q_y とする。

続いて、得られた動き場から被写体の奥行きが得られる。ここでは Yasumoto and Medioni の方法に依った[4]。

4 シミュレーション

アルゴリズムを検証するため図1に示す回転球画像シーケンスについてシミュレーションをおこなった。横に回転する球を斜め上から見たもので、陰影を生じている。また、比較のため従来手法である Horn と Schunck の手法、Cornelius と Kanade の手法についても実験を行った。

Shape restoration from shaded scene sequence

Naoki Mukawa

NTT Human Interface Laboratories

実験結果の一例を図2に示す。図より提案手法では、HornとSchunckの手法に比べて、動きの推定精度が約70%向上していること、CorneliusとKanadeの手法に比べて精度が約50%向上していることがわかる。次に、動き場から復元した形状を図3に示す。提案手法の形状の精度が向上していることが確認できた。

5 まとめ

動きから形状を推定する上で問題となる、陰影の影響について検討し、光学モデルから導いたアルゴリズムにより従来の手法に比べ、定量的、定性的に良好な推定ができることを示した。日頃御討論頂く当研究所、金子博主幹研究員を始め研究グループの皆様に感謝する。

参考文献

[1] N. Mukawa, "Estimation of shape, reflection coefficients and illuminant direction from image se-

quences," Proc. ICCV 90, Osaka, page 507-512 (1990-12)

[2] B. Horn and B. Schunck, "Determining optical flow", Artificial Intelligence 17, pp.185-203 (1981)

[3] N. Cornelius and T. Kanade: "Adapting optical flow to measure object motion in reflectance and X-ray image sequences," ACM SIGGRAPH/SIGART Interdisciplinary Workshop on Motion: Representation and Perception, Toronto, Canada (April 1983)

[4] Y. Yasumoto, G. Medioni, "Robust Estimation of Three-Dimensional Motion Parameters from a Sequence of Image Frames Using Regularization", IEEE Trans. on PAMI, Vol. PAMI-8, No.4, July 1986, pp.464

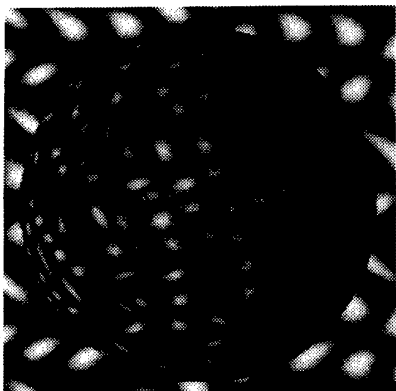


図1 シミュレーション原画像。

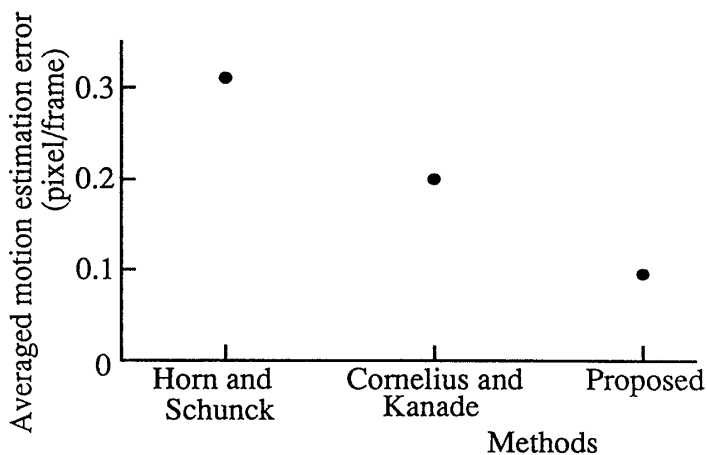
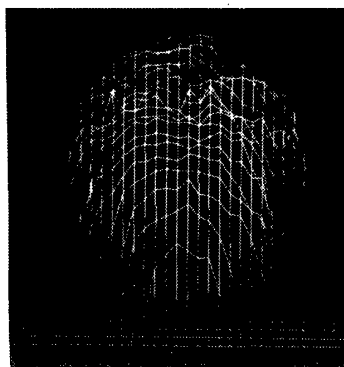
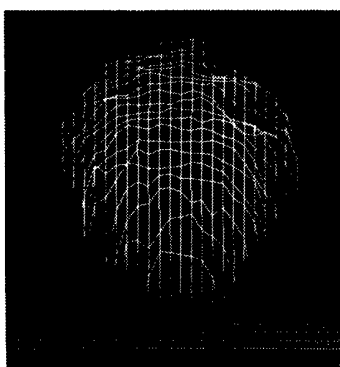


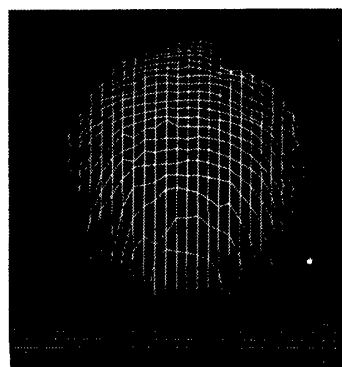
図2 シミュレーション結果。真の動きと推定値との誤差



a) Horn and Schunck



b) Cornelius and Kanade



c) 提案手法

図3 復元された形状